

**SUYUN ÖZLÜ AXINININ AKTİVLƏŞMƏ PARAMETRLƏRİNİN  
TEMPERATURDAN VƏ TƏZYİQDƏN ASILILIĞI**

**E.Ə.MƏSİMOV, B.G.PAŞAYEV, H.Ş.HƏSƏNOV**  
*Bakı Dövlət Universitetinin Fizika Problemləri İnstitutu*  
*p.bakhtiyar@yahoo.com*

Suyun 0.1-100 Mpa təzyiq, 273.15-573.15 K temperatur intervalında özlülüyünün temperaturdan asılılığına əsasən özlü axının aktivləşmə parametrləri ( $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$ ,  $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ ,  $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$ ) hesablanmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, verilmiş təzyiqdə, tədqiq olunan temperatur intervalında  $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$  və  $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$  parametrləri temperatur artdıqca azalurlar,  $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$  parametri isə temperaturun artması ilə əvvəlcə azalır, minimum müşahidə olunur sonra isə artır, həmçinin  $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}(T)_p$  izobarları temperaturun  $T_k^{\Delta G_{\eta}^{\ddagger}} \approx 318K$  qiymətində bir nöqtədə kəsişirlər. Göstərilmişdir ki,  $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}(T)_p$  izobarların kəsişmə nöqtəsinə uyğun gələn temperatur ( $T_k^{\Delta G_{\eta}^{\ddagger}} \approx 318K$ ), suyun izotermik sıxılma əmsalı üçün  $\beta_r(T)$  asılılığında izobarların minimumdan keçdiyi temperaturla ( $T_{\beta_r}^{\min} = 320K$ ) və istidən genişlənmə əmsalı üçün  $\alpha_p(T)$  asılılığında izobarların kəsişmə nöqtəsinə uyğun gələn temperaturla ( $T_k^{\alpha_p} \approx 322K$ ), demək olar ki, eynidir.

Mayələrin özlülüyü, laminar axın prosesində laylararası molekulların qarşılıqlı təsirləri nəticəsində bir layın qonşu layın axmasına göstərdiyi müqaviməti xarakterizə edir. Mayələrin özlülüyü mayeni təşkil edən molekulların quruluşundan və kimyəvi tərkibindən asılıdır. Müqayisə üçün bir neçə mayenin 293.15 K temperaturda özlülükləri cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1

**Müxtəlif mayələrin 293.15 K temperaturda dinamik özlülüyü**

Mayenin adı	Kimyəvi formulu	$\eta$ , mPa·s
Su	H <sub>2</sub> O	1,002
Metil spirti	CH <sub>3</sub> OH	0,597
Etil spirti	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	1,200
Etilenqlikol	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub>	19,90
Qliserin	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (OH) <sub>3</sub>	1490
Asetat turşusu	CH <sub>3</sub> COOH	1,230

Cədvəl 1-dən görünür ki, üçatomlu spirtin-qliserinin, özlülüyü ikiatomlu spirtin-etilenqlikolun özlülüyündən 100 dəfədən də çoxdur. Mayələrin özlülüyündə müşahidə olunan bu fərq onların daxili quruluşu haqqında dolğun informasiya almağa imkan vermir. Nəzərə alsaq ki, mayələrin özlülüyü, həmçinin xarici amillərdən

(temperatur, təzyiq və s.) də asılıdır, onda vəziyyət daha da mürəkkəbləşir. XX əsrin axırlarından [1] məlum olmuşdur ki, özlülüyün

$$\eta = \eta_0 \exp\left(\frac{\Delta G_\eta^\ddagger}{RT}\right) = \eta_0 \exp\left(\frac{\Delta H_\eta^\ddagger - T\Delta S_\eta^\ddagger}{RT}\right) \quad (1)$$

düsturuna daxil olan və özlü axının aktivləşmə parametrləri adlanan  $\Delta G_\eta^\ddagger$ ,  $\Delta H_\eta^\ddagger$  və  $\Delta S_\eta^\ddagger$  kəmiyyətlərinin hesablanması və alınan nəticələrin təhlili mayenin (və ya məhlulun) strukturu haqqında informasiya almağa imkan verir. Özlü axının aktivləşmə parametrləri hər hansı xarici təsir (temperatur, təzyiq, konsentrasiya və s.) nəticəsində mayədə yaranan enerji və struktur dəyişmələrini müəyyənləşdirməyə, sulu məhlullarda hidrogen rabitələrinin yaranması və dağılması haqqında məlumat almağa imkan verir. Özlü axın prosesini xarakterizə edən aktivləşmə parametrləri mayenin axın zamanı ( $G_a, H_a, S_a$ ) və ilkin sükunət haldakı ( $G_s, H_s, S_s$ ) uyğun termodinamik parametrlərin fərqi bərabərdir.

$$\begin{aligned} \Delta G_\eta^\ddagger &= G_a - G_s \\ \Delta H_\eta^\ddagger &= H_a - H_s \\ \Delta S_\eta^\ddagger &= S_a - S_s \end{aligned} \quad (2)$$

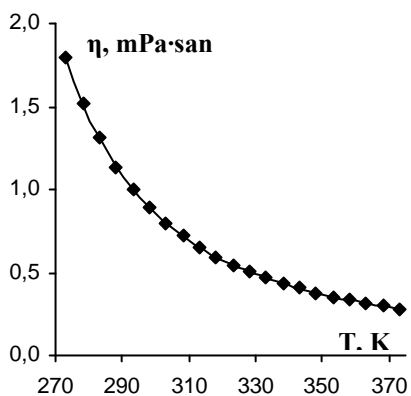
Qeyd edək ki, mayelərdə özlü axının aktivləşmə Gibbs enerjisi ( $\Delta G_\eta^\ddagger$ ) verilmiş təzyiq və temperaturda axın zamanı görülən işdir. Özlü axının aktivləşmə entalpiyası ( $\Delta H_\eta^\ddagger$ ) axın prosesini enerji baxımından xarakterizə edir, yəni  $\Delta H_\eta^\ddagger$  verilmiş təzyiq və temperaturda suyu axın halına gətirmək üçün sərf olunan tam enerjidir. Özlü axının aktivləşmə entropiyası ( $\Delta S_\eta^\ddagger$ ) mayədə yaranan struktur dəyişmələrini xarakterizə edir. Məlumdur ki, maye nə qədər strukturlu olsa entropiya ( $S_s$ ) bir o qədər kiçik olur və axın zamanı dəyişməsi daha böyük olur və əksinə.

İşdə məqsəd suyun geniş temperatur (273,15-573,15 K) və təzyiq (0,1-100 MPa) intervalında özlü axının aktivləşmə parametrlərinin temperaturdan və təzyiqdən asılılıqlarına əsasən suyun struktur xüsusiyyətlərinin araşdırılması olmuşdur.

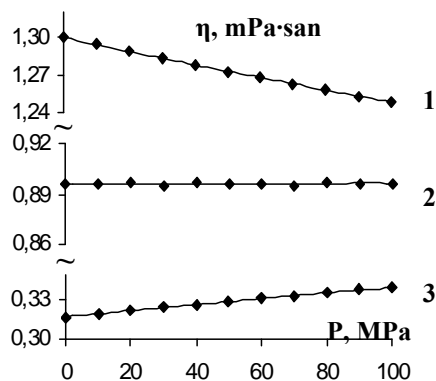
Suyun dinamik özlülüyünün normal atmosfer təzyiqində temperaturdan asılılığı cədvəl 2 və şəkil 1-də, müxtəlif temperaturlarda təzyiqdən asılılığı [2] isə şəkil 2-də göstərilmişdir.

Cədvəl 2 və şəkil 1-dən görüldüyü kimi normal atmosfer təzyiqində suyun özlülüyü temperaturun artması ilə azalır. Buna səbəb temperatur artdıqca mayenin ixtiyari qonşu təbəqəsi arasındakı müqavimət qüvvəsinin azalmasıdır. Onu da qeyd edək ki, ixtiyari təzyiqdə suyun özlülüyünün temperaturdan asılılığı şəkil 1-ə analogidir [6]. Müxtəlif temperaturlarda suyun özlülüyünün təzyiqdən asılılığı diqqəti daha çox cəlb edir (şəkil 2). Belə ki, suyun özlülüyü aşağı temperaturlarda (~298,15 K-nə qədər) təzyiqin artması ilə azalır, ~298,15 K temperaturda təzyiqdən, demək olar ki, asılı olmur, nisbətən yuxarı temperaturlarda isə təzyiqin artması ilə artır. Qeyd edək ki, mayələrin özlülüyünün təzyiqdən asılı olaraq dəyişməsi, temperaturdan asılı olaraq dəyişməsinə nisbətən azdır. Sudan fərqli olaraq digər mayələrin özlülüyü ixtiyari temperaturda təzyiqin artması ilə artır [2]. Suyun özlülüyünün aşağı temperaturlarda (~298,15 K-nə qədər) təzyiqin artması ilə azalmasını onun digər

anomal xassələri [3] sırasına aid etmək olar. Sözsüz ki, bu, suyun strukturu ilə əlaqədardır. Ehtimal edilir ki, suda müxtəlif strukturlar (tetraedr, oktaedr, kub, dodaqədr, ikosaedr) mövcuddur və suyun strukturu hər an dəyişir. Xarici təsirlər (temperatur, təzyiq və s.) suyun strukturunun dağılması istiqamətində yönəlibsə, onda, Le-Şatelye prinsipinə [4] uyğun olaraq, suyun daxilində elə proseslər baş verir ki, su öz strukturunu saxlamağa çalışır. Ola bilsin ki, bu proses kiçik temperaturlarda özünü daha çox büruzə verir və bu səbəbdən suyun əksər xassələrində müşahidə olunan anomallıqlar kiçik temperaturlar oblastında baş verir. Belə ki, suda normal atmosfer təzyiqində anomallıqlar müşahidə olunan temperaturlar intervalı sıxlıq ( $\rho$ ) üçün 273.15-277.15 K, sabit təzyiqdə istilik tutumu ( $C_p$ ) üçün 273.15-309.15 K, izotermik sıxılma əmsalı ( $\beta_T$ ) üçün 273.15-320.15 K, suda səsin sürəti ( $v$ ) üçün 273.15-346.15 K və s. olur. Bu temperatur intervallarından böyük intervallarda isə suyun xassələri əksər mayelərin xassələri ilə eyni qanunauyğunluğa malik olur.

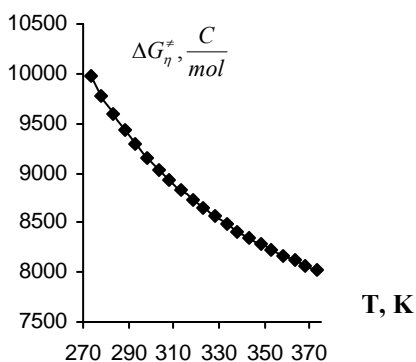


Şəkil 1. Normal atmosfer təzyiqində suyun dinamik özlülüyünün temperaturdan asılılığı.

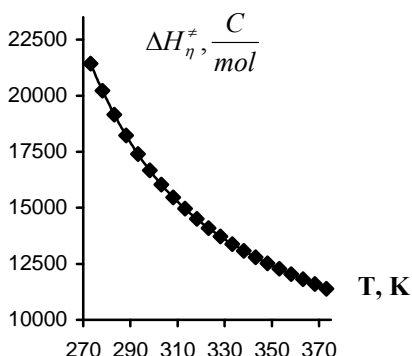


Şəkil 2. Müxtəlif temperaturlarda suyun dinamik özlülüyünün təzyiqdən asılılığı:  
1-283.15 K, 2-298.15 K, 3-363.15 K.

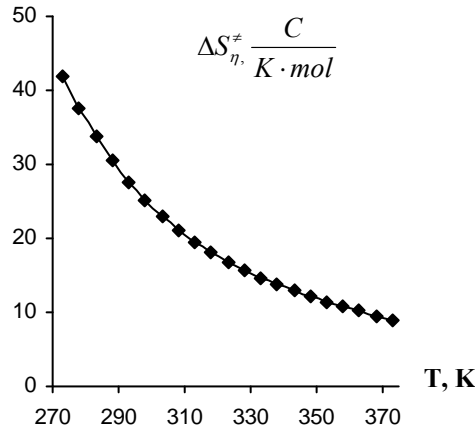
Normal atmosfer təzyiqində suyun özlü axınının aktivləşmə parametrlərinin ( $\Delta G_\eta^\ddagger$ ,  $\Delta H_\eta^\ddagger$ ,  $\Delta S_\eta^\ddagger$ ) temperaturdan asılılıqları cədvəl 2 və şəkil 3, 4, 5-də göstərilmişdir.



Şəkil 3. Normal atmosfer təzyiqində suyun özlü axınının aktivləşmə Gibbs enerjisinin temperaturdan asılılığı.



Şəkil 4. Normal atmosfer təzyiqində suyun özlü axınının aktivləşmə entalpiyasının temperaturdan asılılığı.



Şək. 5. Normal atmosfer təzyiqində suyun özlü axının aktivləşmə entropiyasının temperaturdan asılılığı.

Cədvəl 2

Müxtəlif temperaturalarda suyun sıxlığı [2], dinamik özlülüyü [2] və özlü axının aktivləşmə parametrləri

T, K	$\rho, \frac{kq}{m^3}$	$\eta, mPa \cdot san$	$\Delta G_{\eta}^{\ddagger}, \frac{C}{mol}$	$\Delta H_{\eta}^{\ddagger}, \frac{C}{mol}$	$\Delta S_{\eta}^{\ddagger}, \frac{C}{K \cdot mol}$
273,15	999,80	1,7921	9974	21433	41,95
278,15	999,99	1,5193	9774	20218	37,55
283,15	999,73	1,3073	9597	19154	33,75
288,15	999,13	1,1383	9436	18219	30,48
293,15	998,23	1,0020	9292	17397	27,65
298,15	997,07	0,8902	9160	16672	25,20
303,15	995,67	0,7973	9039	16031	23,06
308,15	994,06	0,7191	8928	15462	21,20
313,15	992,24	0,6527	8826	14954	19,57
318,15	990,25	0,5961	8732	14500	18,13
323,15	988,07	0,5471	8645	14092	16,86
328,15	985,73	0,5044	8563	13722	15,72
333,15	983,24	0,4670	8488	13385	14,70
338,15	980,59	0,4339	8416	13076	13,78
343,15	977,81	0,4046	8349	12791	12,94
348,15	974,89	0,3785	8287	12525	12,17
353,15	971,83	0,3551	8228	12276	11,46
358,15	968,65	0,3341	8172	12040	10,80
363,15	965,34	0,3150	8119	11815	10,18
368,15	961,62	0,2978	8071	11598	9,58
373,15	958,38	0,2821	8023	11388	9,02

Cədvəl 2 və şəkil 3, 4, 5-dən göründüyü kimi, normal atmosfer təzyiqində su üçün özlü axının aktivləşmə parametrləri temperaturun artması ilə azalırlar. Temperatur artdıqca su molekullarının istilik hərəkəti artır, molekullar arasındakı rabitə zəifləyir, suyun axını asanlaşır. Bütün bunlar yekunda temperaturun artması ilə  $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$  -

nin qiymətinin azalmasına səbəb olur. Temperaturun artması ilə suyun sükunət halının entalpiyası ( $H_s$ ) və entropiyası ( $S_s$ ) artır [5].  $\Delta H_\eta^\# > 0$ ,  $\Delta S_\eta^\# > 0$  olması və temperatur artdıqca onların azalması onu göstərir ki, bütün temperaturlarda  $H_a > H_s$  və  $S_a > S_s$  şərtləri ödənilir, lakin temperaturun artması ilə onların fərqi azalır.

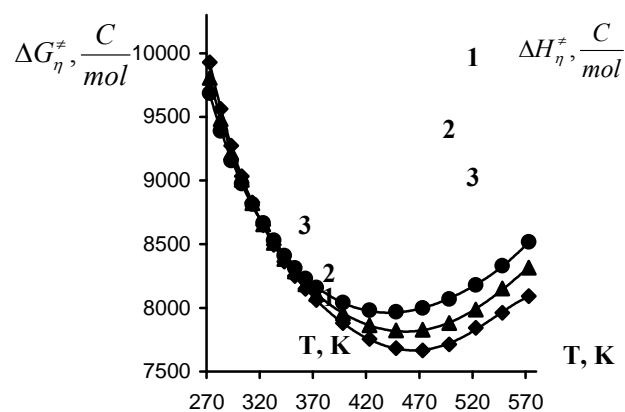
Müxtəlif təzyiqlərdə suyun özlü axınının aktivləşmə parametrlərinin ( $\Delta G_\eta^\#$ ,  $\Delta H_\eta^\#$ ,  $\Delta S_\eta^\#$ ) temperaturdan asılılıqları cədvəl 3 və şəkil 6, 7, 8-də göstərilmişdir. Qeyd edək ki, müxtəlif təzyiqlərdə suyun dinamik özlülüyünün və sıxlığının temperaturdan asılılığı uyğun olaraq [6] və [5] işlərindən götürülmüşdür.

Cədvəl 3

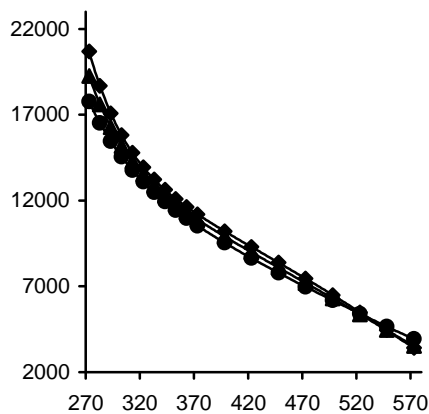
Müxtəlif təzyiq və temperaturlarda suyun özlü axının aktivləşmə parametrləri

T, K	P, MPa										
	0,1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	$\Delta G_\eta^\#, \frac{kC}{mol}$										
273,15	9,969	9,930	9,895	9,863	9,834	9,807	9,781	9,756	9,732	9,708	9,686
283,15	9,583	9,562	9,542	9,522	9,501	9,481	9,462	9,443	9,425	9,407	9,389
293,15	9,287	9,275	9,259	9,246	9,232	9,219	9,206	9,193	9,181	9,168	9,157
303,15	9,041	9,034	9,026	9,019	9,013	9,006	9,000	8,993	8,987	8,981	8,975
313,15	8,829	8,827	8,825	8,824	8,823	8,821	8,820	8,819	8,818	8,816	8,815
323,15	8,647	8,649	8,650	8,651	8,653	8,656	8,657	8,660	8,662	8,664	8,666
333,15	8,492	8,495	8,499	8,503	8,506	8,510	8,514	8,518	8,522	8,526	8,530
343,15	8,359	8,364	8,370	8,374	8,379	8,384	8,390	8,395	8,400	8,406	8,412
353,15	8,243	8,250	8,258	8,264	8,270	8,285	8,284	8,291	8,298	8,305	8,312
363,15	8,140	8,149	8,160	8,168	8,177	8,185	8,194	8,203	8,212	8,220	8,229
373,15		8,061	8,073	8,084	8,096	8,107	8,118	8,129	8,139	8,150	8,160
398,15		7,882	7,900	7,920	7,939	7,957	7,976	7,992	8,010	8,026	8,042
423,15		7,755	7,781	7,804	7,839	7,865	7,889	7,914	7,938	7,965	7,981
448,15		7,684	7,718	7,755	7,788	7,823	7,853	7,884	7,914	7,943	7,969
473,15		7,667	7,710	7,750	7,789	7,828	7,864	7,900	7,935	7,967	7,999
498,15		7,713	7,761	7,801	7,843	7,881	7,922	7,958	7,998	8,032	8,069
523,15		7,844	7,872	7,911	7,951	7,987	8,029	8,069	8,105	8,142	8,180
548,15		7,961	8,010	8,065	8,108	8,151	8,190	8,223	8,263	8,297	8,331
573,15		8,092	8,150	8,212	8,267	8,316	8,362	8,401	8,442	8,481	8,519
	$\Delta H_\eta^\#, \frac{kC}{mol}$										
273,15	21,190	20,695	20,292	19,917	19,572	19,260	18,930	18,623	18,330	18,063	17,772
283,15	19,109	18,678	18,381	18,103	17,849	17,608	17,373	17,148	16,931	16,727	16,512
293,15	17,397	17,084	16,863	16,656	16,465	16,277	16,107	15,938	15,774	15,615	15,455
303,15	15,995	15,811	15,643	15,487	15,340	15,189	15,062	14,932	14,805	14,676	14,554
313,15	14,855	14,782	14,650	14,529	14,411	14,286	14,188	14,083	13,979	13,872	13,775
323,15	13,937	13,935	13,828	13,730	13,631	13,525	13,443	13,353	13,265	13,173	13,092
333,15	13,208	13,227	13,136	13,053	12,965	12,872	12,798	12,717	12,638	12,555	12,484
343,15	12,640	12,622	12,540	12,466	12,384	12,300	12,229	12,153	12,078	12,001	11,936
353,15	12,210	12,094	12,017	11,948	11,868	11,789	11,718	11,643	11,570	11,497	11,435
363,15	11,898	11,622	11,547	11,479	11,399	11,324	11,250	11,175	11,103	11,032	10,970
373,15		11,190	11,115	11,046	10,966	10,893	10,816	10,740	10,667	10,598	10,536
398,15		10,215	10,137	10,062	9,978	9,909	9,825	9,748	9,674	9,607	9,543
423,15		9,301	9,222	9,140	9,057	8,993	8,907	8,834	8,763	8,702	8,638
448,15		8,389	8,314	8,229	8,154	8,097	8,018	7,958	7,897	7,845	7,788
473,15		7,454	7,389	7,306	7,246	7,200	7,139	7,100	7,054	7,018	6,973
498,15		6,486	6,439	6,362	6,325	6,294	6,260	6,249	6,227	6,210	6,183
523,15		5,485	5,463	5,398	5,390	5,377	5,378	5,404	5,410	5,417	5,413
548,15		4,457	4,464	4,416	4,443	4,453	4,496	4,563	4,603	4,638	4,662
573,15		3,407	3,449	3,422	3,489	3,523	3,614	3,728	3,807	3,872	3,928

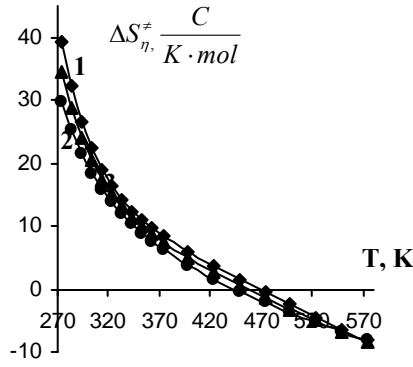
T, K	$\Delta S_{\eta}^{\ddagger}, \frac{C}{K \cdot mol}$										
273,15	41,08	39,41	38,06	36,81	35,65	34,61	33,50	32,46	31,48	30,58	29,60
283,15	33,64	32,19	31,22	30,31	29,48	28,70	27,94	27,21	26,51	25,85	25,16
293,15	27,66	26,64	25,94	25,28	24,67	24,08	23,54	23,01	22,49	21,99	21,48
303,15	22,94	22,36	21,83	21,34	20,87	20,39	20,00	19,59	19,19	18,79	18,40
313,15	19,24	19,01	18,60	18,22	17,84	17,45	17,14	16,81	16,48	16,14	15,84
323,15	16,37	16,36	16,02	15,72	15,40	15,07	14,81	14,53	14,25	13,95	13,70
333,15	14,16	14,20	13,92	13,66	13,38	13,09	12,86	12,61	12,36	12,09	11,87
343,15	12,48	12,41	12,15	11,92	11,67	11,41	11,19	10,95	10,72	10,48	10,27
353,15	11,23	10,89	10,65	10,43	10,19	9,92	9,72	9,49	9,27	9,04	8,84
363,15	10,35	9,56	9,33	9,12	8,87	8,64	8,42	8,19	7,96	7,74	7,55
373,15		8,39	8,15	7,94	7,69	7,47	7,23	7,00	6,78	6,56	6,37
398,15		5,86	5,62	5,38	5,12	4,90	4,64	4,41	4,18	3,97	3,77
423,15		3,65	3,40	3,16	2,88	2,67	2,41	2,17	1,95	1,74	1,55
448,15		1,57	1,33	1,06	0,82	0,61	0,37	0,17	-0,04	-0,22	-0,40
473,15		-0,45	-0,68	-0,94	-1,15	-1,33	-1,53	-1,69	-1,86	-2,01	-2,17
498,15		-2,46	-2,65	-2,89	-3,05	-3,19	-3,34	-3,43	-3,55	-3,66	-3,79
523,15		-4,51	-4,60	-4,80	-4,89	-4,99	-5,07	-5,09	-5,15	-5,21	-5,29
548,15		-6,39	-6,47	-6,66	-6,69	-6,75	-6,74	-6,68	-6,68	-6,68	-6,69
573,15		-8,17	-8,20	-8,36	-8,34	-8,36	-8,28	-8,15	-8,09	-8,04	-8,01



Şək. 6. Müxtəlif təzyiqlərdə suyun özlü axının aktivləşmə Gibbs enerjisinin temperaturdan asılılığı.



Şək. 7. Müxtəlif təzyiqlərdə suyun özlü axının aktivləşmə entalpiyasının temperaturdan asılılığı.  
1-10 MPa, 2-50 MPa, 3-100 MPa



Şək. 8. Müxtəlif təzyiqlərdə suyun özlü axının aktivləşmə entropiyasının temperaturdan asılılığı.  
1-10 MPa, 2-50 MPa, 3-100 MPa.

Cədvəl 3 və şəkil 6-dan göründüyü kimi, su üçün müxtəlif təzyiqlərdə özlü axının aktivləşmə Gibbs enerjisi ( $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$ ) temperatur artdıqca əvvəlcə azalır, minimum müşahidə olunur və sonra isə artır. Müxtəlif təzyiqlərdə temperatur artdıqca  $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$ -nin azalmasını normal atmosfer təzyiqində olduğu kimi izah etmək olar. Göründüyü kimi hər bir izobar üçün temperaturun elə bir qiyməti ( $T_{inv.}^{\Delta G_{\eta}^{\ddagger}}$ ) var ki, bu temperaturda  $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}(T)_p$  funksiyası minimumdan keçir və temperaturun sonrakı artması ilə artır.  $\Delta G_{\eta}^{\ddagger} = G_a - G_s$  olduğundan,  $T_{inv.}^{\Delta G_{\eta}^{\ddagger}}$  temperaturundan sonra  $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$ -nin artması  $G_a - G_s$  fərqi artır. Buna isə çox ehtimal ki, axın prosesinə mane olan digər qüvvələrin yaranması səbəb olur.

Şəkil 6-dan görünür ki, su üçün  $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}(T)_p$  izobarları temperaturun  $T_k^{\Delta G_{\eta}^{\ddagger}} \approx 318K$  qiymətində bir nöqtədə kəsişirlər. Yəni bu temperaturda  $\left(\frac{\partial \Delta G_{\eta}^{\ddagger}}{\partial P}\right)_T = 0$  olur. Qeyd edək ki,  $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}(T)_p$  izobarların kəsişmə nöqtəsinə uyğun gələn temperatur ( $T_k^{\Delta G_{\eta}^{\ddagger}} \approx 318K$ ), suyun izotermik sıxılma əmsalı üçün  $\beta_T(T)$  asılılığında izobarların minimumdan keçdiyi temperaturla ( $T_{\beta_T}^{\min} = 320K$ ) [9] və istidən genişlənmə əmsalı üçün  $\alpha_p(T)$  asılılığında izobarların kəsişmə nöqtəsinə uyğun gələn temperatur ( $T_k^{\alpha_p} \approx 322K$ ), demək olar ki, eynidir. Güman edirik ki, yuxarıda qeyd etdiyimiz müxtəlif parametrlərin eyni temperatur oblastında müşahidə olunan qanunauyğunluqları təsadüf deyil və uyğun oblastda suyun eyni bir struktura malik olmasının nəticəsidir.

Cədvəl 3, 4 və şəkil 6, 7-dən göründüyü kimi, su üçün özlü axının aktivləşmə entalpiyası və entropiyası baxılan temperatur və təzyiq intervalında temperatur

artdıqca azalırlar. Müxtəlif təzyiqlərdə temperatur artdıqca  $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$  və  $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$ -in azalmasını normal atmosfer təzyiqində olduğu kimi izah etmək olar.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей. Ленинградское отделение. Ленинград: Наука, 1975, с.221-235.
2. Теплофизические свойства предельных спиртов. Труды ГИАП, М.: 1979, в. 54, 68 с.
3. Chaplin M. Water Structure and Behavior. <http://www.lsbu.ac.uk/water/chaplin.html>. South Bank University, London, 2008, 576 p.
4. Məsimov E.Ə., Nəşənov H.Ş. Bioloji sistemlərin termodinamikası. Bakı: Ləman Nəşriyyat Poliqrafiya, 2007, 418 s.
5. Wagner W., Prub A. The LAPWS Formulation 1995 for the thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use. J. Phys. Chem. Ref. Data, 2002, v. 31, №2, p.486-535.
6. Ривкин С.Л., Левин А.Я., Израилевский Л.Б. Вязкость воды и водяного пара. Государственная служба стандартных справочных данных. М.: Издательство стандартов.1979, с. 96-103.

#### ЗАВИСИМОСТЬ АКТИВАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЯЗКОГО ТЕЧЕНИЯ ВОДЫ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

Э.А.МАСИМОВ, Б.Г.ПАШАЕВ, Г.Ш.ГАСАНОВ

#### РЕЗЮМЕ

По данным динамической вязкости воды в интервале давлений 0,1-100 МПа и температур 273,15-573,15 К были вычислены активационные параметры ( $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$ ,  $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ ,  $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$ ) вязкого течения. Установлено, что при данном давлении и рассмотренном температурном интервале с увеличением температуры параметры  $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$  и  $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$  уменьшаются, а параметр  $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$  с увеличением температуры сначала уменьшается, достигает минимума, затем увеличивается с увеличением температуры. Кроме того, показано, что изобары  $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}(T)_p$  при температуре  $T_{k.}^{\Delta G_{\eta}^{\ddagger}} \approx 318K$  пересекаются в одной точке, которая соответствует температуре минимума изобаров в температурной зависимости изотермической сжимаемости  $\beta_r(T)$  ( $T_{\beta_r}^{\min} = 320K$ ) и температуре пересечения изобаров в температурной зависимости коэффициента теплового расширения  $\alpha_p(T)$  ( $T_{k.}^{\alpha_p} \approx 322K$ ).

## THE TEMPERATURE AND PRESSURE DEPENDENCE OF VISCOUS FLOW ACTIVATION PARAMETERS OF WATER

E.A.MASIMOV, B.G.PASHAYEV, H.Sh.HASANOV

### SUMMARY

The activation parameters ( $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$ ,  $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ ,  $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$ ) of viscous flow of water are calculated on the base of temperature dependence of viscosity in the pressure and temperature range of 0,1-100 MPa and 273,15-573,15 K, respectively. It was established that, in the above mentioned region  $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$  and  $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$  decrease with the increase in temperature, while the parameter  $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$  initially falls to the minimum then rises with an increase in temperature. Moreover, the isobars  $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}(T)_p$  intersect at the same point  $T_{k.}^{\Delta G_{\eta}^{\ddagger}} \approx 318K$ . This temperature coincides with the one that corresponds to the minimum of isobars in the temperature dependence of isothermic compression coefficient  $\beta_T(T)$  ( $T_{\beta_T}^{\min} = 320K$ ) and the intersection temperature of isobars corresponding to the temperature dependence of thermal expansion coefficient  $\alpha_p(T)$  ( $T_{k.}^{\alpha_p} \approx 322K$ ).